

Flexible micro-electromechanical system changer and its manufacturing method and radio loud-speaker

BEST AVAILABLE COPY

Patent number: CN1517296
Publication date: 2004-08-04
Inventor: NAM YUN-U (KR); SOK-HAN LEE (KR)
Applicant: SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD (KR)
Classification:
 - **International:** B81C1/00
 - **European:** B81B3/00K; B81B3/00M2D
Application number: CN20030165014 20030926
Priority number(s): KR20020058313 20020926

Also published as:
 E P1403212 (A2)
 US 2004061543 (A1)
 J P2004120761 (A)
 E P1403212 (A3)

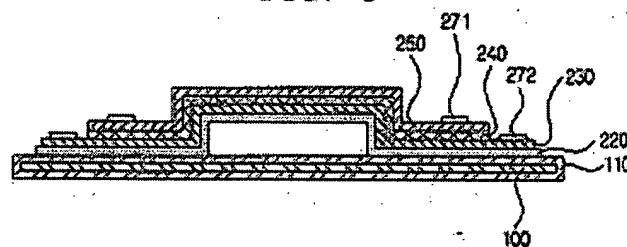
[Report a data error here](#)

Abstract not available for CN1517296

Abstract of corresponding document: EP1403212

A flexible wireless MEMS microphone includes a substrate of a flexible polymeric material, a flexible MEMS transducer structure formed on the substrate by PECVD, an antenna printed on the substrate for communicating with an outside source, a wire and interface circuit embedded in the substrate to electrically connect the flexible MEMS transducer and the antenna, a flexible battery layer electrically connected to the substrate for supplying power to the MEMS transducer, and a flexible bluetooth module layer electrically connected to the battery layer. The flexible MEMS transducer includes a flexible substrate, a membrane layer deposited on the substrate, a lower electrode layer formed on the membrane layer, an active layer formed by depositing a piezopolymer on the lower electrode layer, an upper electrode layer formed on the active layer, and a first and a second connecting pad electrically connected to the lower and upper electrode layers, respectively.

FIG. 3



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03165014.7

[43] 公开日 2004 年 8 月 4 日

[11] 公开号 CN 1517296A

[22] 申请日 2003.9.26 [21] 申请号 03165014.7

[30] 优先权

[32] 2002.9.26 [33] KR [31] 58313/2002

[71] 申请人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道

[72] 发明人 南润宇 李锡汉

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

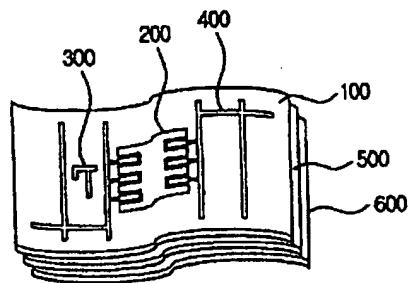
代理人 陶风波 侯宇

权利要求书 6 页 说明书 10 页 附图 8 页

[54] 发明名称 柔性微机电系统换能器及其制造方法和无线扩音器

[57] 摘要

本发明公开柔性 MEMS 换能器及其制造方法、以及柔性 MEMS 无线扩音器。一种柔性无线 MEMS 扩音器，包括：柔性聚合物材料的衬底，在衬底上通过 PECVD 形成的柔性 MEMS 换能器结构，在衬底上印制的天线、用于与外界源通信，在衬底中嵌入的导线和接口电路以便电连接柔性 MEMS 换能器和天线，电连接到衬底的柔性电池层、用于将电源提供到 MEMS 换能器，以及电连接到电池层的柔性蓝牙模块层。柔性 MEMS 换能器包括：柔性衬底，在衬底上沉积的薄膜层，在薄膜层上形成的下电极层，在下电极层上通过沉积压电聚合物形成的有源层，在有源层上形成的上电极层，以及分别电连接到下电极层和上电极层的第一和第二连接焊盘。



ISSN 1008-4274

1. 一种柔性微机电系统(MEMS)换能器，包括：
由柔性材料组成的衬底；
5 沉积在该衬底上的薄膜层，该薄膜层具有预定长度的凸起部分；
通过在该薄膜层上沉积导电材料形成的下电极层；
通过在该下电极层上沉积压电聚合物形成的有源层；
通过在该有源层上沉积导电材料形成的上电极层；
电连接到该下电极层的第一连接焊盘；以及
10 电连接到该上电极层的第二连接焊盘。
2. 根据权利要求 1 所述的柔性 MEMS 换能器，还包括在衬底上涂敷的下保护层。
3. 根据权利要求 2 所述的柔性 MEMS 换能器，下保护层由氮化硅或氧化硅形成。
- 15 4. 根据权利要求 2 所述的柔性 MEMS 换能器，其中下保护层具有小于大约 $10\mu\text{m}$ 的厚度。
5. 根据权利要求 1 所述的柔性 MEMS 换能器，其中衬底由高分子(聚合物)材料或金属薄膜形成。
- 20 6. 根据权利要求 5 所述的柔性 MEMS 换能器，其中高分子(聚合物)材料为聚酰亚胺。
7. 根据权利要求 1 所述的柔性 MEMS 换能器，其中薄膜层由氮化硅形成。
8. 根据权利要求 1 所述的柔性 MEMS 换能器，其中薄膜层具有小于大约 $5\mu\text{m}$ 的厚度。
- 25 9. 根据权利要求 1 所述的柔性 MEMS 换能器，其中下电极层和上电极层由选自由金属和导电聚合物组成的组中的材料形成。
10. 根据权利要求 9 所述的柔性 MEMS 换能器，其中金属为铝。
11. 根据权利要求 1 所述的柔性 MEMS 换能器，其中下电极层具有大约 $0.01\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ 的厚度。
- 30 12. 根据权利要求 1 所述的柔性 MEMS 换能器，其中上电极层具有大约 $0.01\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ 的厚度。

13. 根据权利要求 1 所述的柔性 MEMS 换能器，其中压电聚合物选自由 PVDF、PVDF-TrFE、TrFE、聚脲、聚酰亚胺和尼龙组成的组中。
14. 根据权利要求 1 所述的柔性 MEMS 换能器，其中有源层具有大约 $1\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ 之间的厚度。
- 5 15. 根据权利要求 1 所述的柔性 MEMS 换能器，其中有源层具有大约 $1\text{Hz} \sim 100\text{kHz}$ 之间的谐振频率。
16. 根据权利要求 1 所述的柔性 MEMS 换能器，其中有源层具有大约 $50\mu\text{m} \sim 1000\mu\text{m}$ 之间的长度。
- 10 17. 根据权利要求 1 所述的柔性 MEMS 换能器，还包括上保护层以覆盖上电极层、下电极层和有源层。
18. 根据权利要求 17 所述的柔性 MEMS 换能器，其中上保护层由氮化硅或氧化硅形成。
19. 根据权利要求 1 所述的柔性 MEMS 换能器，其中上保护层具有大约 $1\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ 之间的厚度。
- 15 20. 根据权利要求 1 所述的方法，其中第一连接焊盘和第二连接焊盘由选自由金属和导电聚合物组成的组中的材料形成。
21. 一种用于制造柔性 MEMS 换能器的方法，包括：
在柔性衬底上形成牺牲层；
通过等离子体增强化学气相沉积(PECVD)在该牺牲层上沉积薄膜层，
- 20 随后进行图形化；
在该薄膜层上沉积下电极层，并对该下电极层进行图形化；
在该下电极层上依次沉积有源层和上电极层，并依次对该上电极层和该有源层进行图形化；
形成连接到该下电极层的第一连接焊盘和连接到该上电极层的第二连接焊盘；以及
- 25 去除该牺牲层。
22. 根据权利要求 21 所述的方法，还包括：
在沉积该牺牲层之前，通过 PECVD 沉积氮化硅或氧化硅来形成下保护层。
- 30 23. 根据权利要求 21 所述的方法，其中形成牺牲层是通过在衬底上涂敷聚酰亚胺层、并根据薄膜层的所需结构通过湿法刻蚀或干法刻蚀对所涂

敷的聚酰亚胺层进行图形化来实现的。

24. 根据权利要求 21 所述的方法，其中牺牲层被形成小于大约 $10\mu\text{m}$ 的厚度。

25. 根据权利要求 21 所述的方法，其中形成薄膜层包括：

5 在牺牲层上通过等离子体增强化学气相沉积(PECVD)来沉积氮化硅层；以及

通过干法刻蚀对所沉积的氮化硅层进行图形化。

26. 根据权利要求 21 所述的方法，其中形成有源层包括：

在下电极层上通过旋涂或蒸发来沉积压电聚合物层；以及

10 通过湿法刻蚀或干法刻蚀来图形化所沉积的压电聚合物层。

27. 根据权利要求 26 所述的方法，其中压电聚合物选自由 PVDF、PVDF-TrFE、TrFE、聚脲、聚酰亚胺和尼龙组成的组中。

28. 根据权利要求 21 所述的方法，其中有源层形成小于大约 $10\mu\text{m}$ 的厚度。

15 29. 根据权利要求 21 所述的方法，还包括：

形成上保护层以覆盖上电极层、下电极层和有源层，其中通过 PECVD 沉积氮化硅或氧化硅、然后通过湿法刻蚀或干法刻蚀对所沉积的层进行图形化来形成上保护层。

30. 根据权利要求 29 所述的方法，其中上保护层形成小于大约 $10\mu\text{m}$ 20 的厚度。

31. 根据权利要求 21 所述的方法，其中形成第一连接焊盘包括：

通过湿法刻蚀或干法刻蚀在将连接到下电极层的部分处图形化上保护层；

其图形化的上保护层上沉积金属层或导电聚合物层；以及

25 通过湿法刻蚀或干法刻蚀来图形化所沉积的层。

32. 根据权利要求 21 所述的方法，其中形成第二连接焊盘包括：

通过湿法刻蚀或干法刻蚀在将连接到上电极层的部分处图形化上保护层；

其图形化的上保护层上沉积金属层或导电聚合物层；以及

30 通过湿法刻蚀或干法刻蚀来图形化沉积的层。

33. 一种柔性无线 MEMS 扬声器，包括：

由柔性聚合物材料组成的衬底；
在该衬底上通过等离子体增强化学气相沉积(PECVD)形成的柔性
MEMS 换能器结构；
印制在该衬底上的天线，用于与外界源通信；
5 在该衬底中嵌入的导线和接口电路，以便电连接该柔性 MEMS 换能器
和该天线；
电连接到该衬底的柔性电池层，用于将电源提供到该 MEMS 换能器，
以及
电连接到该电池层的柔性蓝牙模块层。
10 34. 根据权利要求 33 所述的柔性无线 MEMS 扩音器，其中衬底由高分
子(聚合物)材料形成。
35. 根据权利要求 34 所述的柔性无线 MEMS 扩音器，其中高分子(聚
合物)材料为聚酰亚胺。
36. 根据权利要求 33 所述的柔性无线 MEMS 扩音器，其中电池层是具
15 有纸一样薄的厚度的聚合物电池。
37. 根据权利要求 33 所述的柔性无线 MEMS 扩音器，其中电池层是柔
性太阳能电池。
38. 根据权利要求 33 所述的柔性无线 MEMS 扩音器，其中柔性 MEMS
换能器包括：
20 薄膜层、下电极层、压电聚合物有源层、上电极层、分别连接到下电
极层和上电极层的第一和第二连接焊盘，它们通过等离子体增强化学气相
沉积(PECVD)依次沉积在其上形成有牺牲层的衬底上并被图形化。
39. 根据权利要求 33 所述的柔性无线 MEMS 扩音器，其中柔性衬底能
够以预定角度被折叠，其上形成有柔性 MEMS 换能器、印制有天线、并嵌
25 入有导线和接口电路。
40. 根据权利要求 39 所述的柔性无线 MEMS 扩音器，其中预定角度为
在小于大约 180° 的范围内。
41. 一种柔性无线 MEMS 扩音器，包括：
柔性衬底，其具有通过等离子体增强化学气相沉积(PECVD)形成的柔
30 性 MEMS 换能器结构，其上印制有电连接到 MEMS 换能器结构并用于与外
界源通信的天线、以及嵌入其中的用于电连接该柔性 MEMS 换能器和该天

线的导线和接口电路；
电连接到该柔性衬底的柔性电池层；以及
蓝牙模块层，其依次被沉积为预定的厚度。

42. 根据权利要求 41 所述的柔性无线 MEMS 扩音器，其中柔性无线
5 MEMS 扩音器能够以预定角度折叠。

43. 根据权利要求 41 所述的柔性无线 MEMS 扩音器，其中预定角度为
在小于大约 180° 的范围内。

44. 根据权利要求 41 所述的柔性无线 MEMS 扩音器，其中通过根据所
需的三维结构的侧面形状切割、并以预定角度折叠所切割的部分、且随后
10 组装成三维结构，柔性无线 MEMS 扩音器被形成为所需的三维结构。

45. 一种用于制造柔性 MEMS 换能器的方法，包括：
在柔性衬底上形成牺牲层；
在该牺牲层上通过等离子体增强化学气相沉积(PECVD)工艺依次沉积
薄膜层、下电极层、有源层和上电极层；
15 依次图形化该上电极层、该有源层和该下电极层；
沉积上保护层以覆盖该上电极层、该下电极层和该有源层；
为了该下电极层的连接和该上电极层的连接图形化该上保护层，沉积
连接焊盘层，并图形化该连接焊盘层以便形成与该下电极层连接的第一连
接焊盘和与该上电极层的连接部分连接的第二连接焊盘；以及
20 图形化该薄膜层以便暴露该牺牲层，并去除该牺牲层。

46. 根据权利要求 45 所述的方法，还包括：
在沉积牺牲层之前，在柔性衬底上通过选自 PECVD 和溅射的一种方法
沉积选自由氮化硅和氧化硅组成的组中的一种材料来形成下保护层。

47. 根据权利要求 45 所述的方法，其中牺牲层具有小于大约 10μm 的
25 厚度。

48. 根据权利要求 45 所述的方法，其中通过沉积氮化硅来形成薄膜层。

49. 根据权利要求 45 所述的方法，其中在下电极层上通过旋涂或蒸发
沉积压电聚合物层来形成有源层。

50. 根据权利要求 49 所述的方法，其中压电聚合物选自由 PVDF、
30 PVDF-TrFE、TrFE、聚脲、聚酰亚胺和尼龙组成的组中。

51. 根据权利要求 45 所述的方法，其中有源层形成为小于大约 10μm

的厚度。

52. 根据权利要求 45 所述的方法, 其中上保护层形成为小于大约 $10\mu\text{m}$ 的厚度。

柔性微机电系统换能器
及其制造方法和无线扩音器

5

技术领域

本发明涉及微机电系统(MEMS)结构及其制造方法。更具体地，本发明涉及在柔性衬底上形成的柔性 MEMS 换能器及其制造方法、以及组合有柔性 MEMS 换能器的柔性 MEMS 无线扩音器。

10

背景技术

根据非常小的器件的需要，利用微加工技术的半导体工艺技术被用于集成微器件。微机电系统(MEMS)属于制造并检测具有微米(μm)级的尺寸的微型传感器或激励器以及利用在半导体工艺特别是在集成电路技术中应用的微加工技术的机电结构的领域。

在 MEMS 中使用的微加工技术大致划分为两类。第一类微加工是通过硅体刻蚀的体微加工。第二类微加工是通过在硅上沉积多晶硅、氮化硅和氧化硅的薄膜并根据预定图形来刻蚀所沉积的薄膜以形成一种结构的表面微加工。例如，使用通过体微加工技术形成的膜片式换能器可以获得利用 MEMS 工艺制造形成的超小型扩音器。

图 1 显示了传统 MEMS 换能器的剖面图。如图所示，传统换能器包括位于硅(Si)晶片上的氮化硅的膜片层、通过化学气相沉积(CVD)工艺涂敷的 SiO_2 层、氧化锌(ZnO)压电薄膜以及上电极和下电极。用于在硅晶片上形成氮化硅薄膜和氧化硅层的 CVD 工艺是工艺温度需要在大约 780~850℃的高温工艺。因此，除了硅晶片之外，不可能采用柔性聚合物材料作为衬底材料。

同时，随着信息和通信工业的发展，手持或佩带式信息终端的需要不断增加。这种需要的增加部分地是由于将这种信息终端被应用到各种领域，例如医药、服务、娱乐、军事和信息通信。为了便于使用这些信息终端，这些终端的元件应当具有移动性和便携式方面的优良特性。具体地，为了实现便携系统，柔性的系统结构是必要的。因此，需要在柔性衬底上将功

能结构与其它电子部件集成在一起的技术。

采用金属薄膜或聚合物材料作为柔性衬底。聚合物材料更适合于在电子系统中使用。然而，聚合物材料具有 500°C 或更低范围的低熔点。因此，当聚合物材料在高温下进行用于形成薄膜的工艺时，聚合物材料会退化。5 因此，聚合物材料并不适合在需要高于聚合物材料的熔点的处理温度下制造 MEMS 的工艺中用作衬底例如晶片的材料。实际上，通常通过包括至少 500°C 的高温工艺的方法来制造广泛使用并在性能和集成度方面具有优良特性的硅 MEMS 和半导体。因此，不能采用柔性系统结构所需的高分子(聚合物)材料的衬底。

10 特别地，通过化学气相沉积(CVD)沉积薄膜、随后通过刻蚀工艺来形成传统的 MEMS 结构。然而，由于需要非常高的温度以通过 CVD 形成高效的薄膜，因此不能采用例如聚合物、玻璃等的低熔点衬底。

15 为了克服这些问题，如图 2 所示，传统方法通过利用硅 MEMS 工艺、从硅衬底 10 的背面在硅岛之间进行切割、然后沉积聚合物 11 在硅衬底 10 上形成传感器器件 30 来制造柔性器件。然而，这种方法具有缺点在于，使用包括高温工艺的传统 MEMS 工艺并在最后步骤中附加地进行聚合物处理，因而增加了复杂性并提高了整个制造工艺的成本。

发明内容

20 因此，为了解决至少一些上述问题，本发明实施例的一个特征是通过利用等离子体增强化学气相沉积(PECVD)工艺在柔性聚合物衬底上形成 MEMS 换能器结构提供一种扩音器，其具有柔软、柔性并且可折叠性的特性。

25 为了提供本发明的特征，本发明的实施例提供一种柔性 MEMS 换能器，该柔性 MEMS 换能器包括：柔性材料的衬底；在衬底上沉积的薄膜层，薄膜层具有预定长度的凸起部分；在薄膜层上通过沉积导电材料形成的下电极层；在下电极层上通过沉积压电聚合物形成的有源层；在有源层上通过沉积导电材料形成的上电极层；电连接到下电极层的第一连接焊盘；以及电连接到上电极层的第二连接焊盘。

30 优选地，换能器还包括在衬底上通过涂敷厚度小于大约 10μm 的氮化硅或氧化硅形成的下保护层。

优选地，衬底由高分子(聚合物)材料例如聚酰亚胺或金属薄膜形成。

优选地，通过 PECVD 沉积厚度小于大约 $5\mu\text{m}$ 的氮化硅来形成薄膜层。

优选地，下电极层和上电极层由选自由金属例如铝和导电聚合物组成的组中的材料形成，其厚度在大约 $0.01\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ 之间。

5 优选地，通过沉积压电聚合物来形成有源层，压电聚合物选自由 PVDF、PVDF-TrEF、TrEF、聚脲、聚酰亚胺和尼龙组成的组中，其厚度在大约 $1\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ 之间，长度在大约 $50\mu\text{m} \sim 1000\mu\text{m}$ 之间，以便具有大约 $1\text{Hz} \sim 100\text{kHz}$ 之间的谐振频率。

优选地，换能器还包括通过沉积厚度在大约 $1\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ 之间的氮化硅
10 或氧化硅而形成的上保护层以便覆盖上电极层、下电极层和有源层。

优选地，第一连接焊盘和第二连接焊盘由选自由金属和导电聚合物组成的组中的材料形成。

为了提供本发明的另一种特征，本发明的实施例提供一种制造柔性换能器的方法，该方法包括：在柔性衬底上形成牺牲层；在牺牲层上通过等
15 离子体增强化学气相沉积 PECVD 沉积薄膜层，随后进行图形化；在薄膜层上沉积下电极层，随后图形化；在下电极层上依次沉积有源层和上电极层并顺序图形化上电极层和有源层；形成连接到下电极层的第一连接焊盘和连接到上电极层的第二连接焊盘；以及去除牺牲层。该方法还包括在沉积牺牲层之前、通过 PECVD 沉积氮化硅或氧化硅来形成下保护层。

20 优选地，为了形成牺牲层，在衬底上涂敷小于大约 $0 \sim 10\mu\text{m}$ 厚度的聚酰亚胺并根据薄膜层的所需结构通过湿法刻蚀或干法刻蚀图形化聚酰亚胺。

优选地，为了形成薄膜层，在牺牲层上通过 PECVD 沉积并通过干法刻蚀图形化氮化硅。

25 优选地，为了形成有源层，在下电极层上通过旋涂或蒸发沉积小于大约 $10\mu\text{m}$ 厚度的压电聚合物例如 PVDF、PVDF-TrEF、TrEF、聚脲、聚酰亚胺、尼龙等，并通过湿法刻蚀或干法刻蚀进行图形化。

优选地，该方法还包括形成上保护层以便覆盖上电极层、下电极层和有源层的步骤，其中通过 PECVD 沉积厚度小于大约 $10\mu\text{m}$ 的氮化硅或氧化
30 硅并通过湿法刻蚀或干法刻蚀图形化沉积层来形成上保护层。

优选地，通过以下步骤来形成第一连接焊盘：利用湿法刻蚀或干法刻

蚀在上保护层的连接到下电极层的部分处进行图形化；在其上沉积金属层或导电聚合物层；以及通过湿法刻蚀或干法刻蚀图形化沉积的层。优选地，通过以下步骤来形成第二连接焊盘：利用湿法刻蚀或干法刻蚀在上保护层的连接到上电极层的部分处进行图形化；在其上沉积金属层或导电聚合物层；以及通过湿法刻蚀或干法刻蚀图形化所沉积的层。
5

为了提供本发明的再一个特征，本发明的一个实施例提供一种柔性无线 MEMS 扩音器，该扩音器包括柔性聚合物材料的衬底；在衬底上通过等离子体增强化学气相沉积(PECVD)形成的柔性 MEMS 换能器结构；印制在衬底上用于与外界源通信的天线；嵌入在衬底中以便电连接柔性 MEMS 换
10 能器和天线的导线及接口电路；电连接到衬底用于将电源提供到 MEMS 换能器的柔性电池层；以及电连接到电池层的柔性蓝牙(bluetooth)模块层。

优选地，衬底由高分子(聚合物)材料例如聚酰亚胺形成。优选地，电池层是象纸一样薄的聚合物电池，例如柔性太阳能电池。优选地，柔性 MEMS 换能器包括薄膜层、下电极层、压电聚合物有源层、上电极层、分别电连
15 接到下电极层和上电极层的第一和第二连接焊盘，它们依次通过等离子体增强化学气相沉积(PECVD)在其上形成有牺牲层的衬底上沉积并被图形化。

优选地，其上形成有柔性 MEMS 换能器、印制有天线并嵌入导线和接口电路的柔性衬底能够以预定的角度例如小于大约 180° 范围的预定角度被折叠。

20 为了提供本发明的再一个特征，本发明的一个实施例提供一种柔性 MEMS 无线扩音器，该扩音器包括柔性衬底，它具有通过等离子体增强化学气相沉积(PECVD)形成的柔性 MEMS 换能器结构、其上印制有电连接到 MEMS 换能器结构并用于与外界源通信的天线，嵌入其中的用于电连接柔性 MEMS 换能器和天线的导线及接口电路；电连接到柔性衬底的柔性电池层；以及依次以预定厚度沉积的蓝牙(bluetooth)模块层。
25

优选地，柔性 MEMS 无线扩音器能够以预定角度例如小于大约 180° 范围的预定角度被折叠。优选地，柔性无线 MEMS 扩音器通过根据所需的三维结构的侧面形状加以切割并以预定角度折叠所切割的组件、随后通过安装成三维结构来形成所需的三维结构。

30 为了提供本发明的再一个特征，本发明的一个实施例提供一种制造柔性换能器的方法，该方法包括以下步骤：在柔性衬底上形成牺牲层；在牺

牲层上通过等离子体化学气相沉积(PECVD)工艺依次沉积薄膜层、下电极层、有源层和上电极层；顺序图形化上电极层、有源层和下电极层；沉积上保护层以便覆盖上电极层、下电极层和有源层；为了下电极层的连接和上电极层的连接图形化上保护层；沉积连接焊盘层，并图形化连接焊盘层
5 以便形成与下电极层连接的第一连接焊盘和与上电极层连接部分连接的第二连接焊盘；以及图形化薄膜层以便暴露牲层并去除牲层。

该方法还包括在沉积牲层之前通过选自 PECVD 和溅射的方法在柔性衬底上沉积选自由氮化硅和氧化硅组成的组中的材料来形成下保护层。

优选地，牲层具有小于大约 $10\mu\text{m}$ 的厚度。优选地，通过沉积氮化硅
10 来形成薄膜层。优选地，通过旋涂或蒸发在下电极层上沉积压电聚合物层来形成小于大约 $10\mu\text{m}$ 厚度的有源层，其中压电聚合物可以为 PVDF、PVDF-TrFE、TrFE、聚脲、聚酰亚胺或尼龙。优选地，上保护层形成为小于大约 $10\mu\text{m}$ 的厚度。

15 附图说明

参照附图，通过对本发明优选实施例的详细描述，对于本领域普通技术人员，本发明的上述和其它特征和优点将变得更加明显，其中：

- 图 1 示出了传统 MEMS 换能器的剖面图；
- 图 2 示出了传统柔性 MEMS 传感器的剖面图；
- 20 图 3 示出了根据本发明的一个实施例的膜片式换能器的剖面图；
- 图 4 示出了根据本发明的一个实施例的悬臂式换能器的剖面图；
- 图 5A-5E 示出了用于制造图 4 中所示的悬臂式换能器的工艺步骤的剖面图；
- 图 6A-6J 示出了根据本发明的另一个实施例的用于制造悬臂式换能器
25 的工艺步骤的剖面图；
- 图 7 示出了组合有图 4 中所示的悬臂式换能器的外壳型(skin-type)柔性无线 MEMS 扬声器的示意图；以及
- 图 8 示出了封装和组合有图 4 中所示的悬臂式换能器的三维无线扬声器的示意图。

30

具体实施方式

通过引用，将 2002 年 9 月 26 日申请的发明名称为“柔性 MEMS 换能器及其制造方法以及柔性 MEMS 无线扩音器”的韩国专利申请 No.2002-58313 完整地结合在此。

现在，将在下面参照附图更加全面地描述本发明，在附图中示出了本发明的优选实施例。然而，本发明以不同形式的实施例提出但不应当限制于由此提出的实施例。另外，提供这些实施例是为了将整体、全面地公开，并且这些实施例将本发明的范围全面地传达给本领域技术人员。在附图中，为了清楚放大了层和区域的厚度。还应当理解，当称一层在另一层或衬底“上(on)”时，它可以直接位于另一层或衬底上、或者还可以出现插入层。

整个说明书中相同的标记表示相同的元件。

图 3 示出了根据本发明一个实施例的膜片式换能器(diaphragm-type transducer)的剖面图。图 4 示出了根据本发明的一个实施例的悬臂式换能器的剖面图。如图 3 和 4 所示，根据本发明的一个实施例的换能器包括：柔性衬底 100，在该衬底上通过等离子体增强化学气相沉积(PECVD)或通过溅射沉积氮化硅或氧化硅来形成下保护层 110；以及换能器结构，该换能器结构包括：通过在低温下实施 PECVD 而形成的薄膜层 220；下电极层 230；优选为压电聚合物层的有源层 240；上电极层 250；以及连接焊盘 271 和 272。在膜片式换能器或悬臂式换能器的情况下，在衬底 100 上形成牺牲层，在牺牲层上形成薄膜层 220，利用刻蚀剂去除牺牲层以便形成薄膜层 220 的凸起部分。更优选地，在悬臂式换能器的情况下，通过穿过开口侧壁去除牺牲层来实施薄膜层下方的牺牲层的去除，而在膜片式换能器的情况下，通过刻蚀在薄膜层 220 上形成预定的通孔并穿过通孔注入刻蚀剂来实施去除。

图 5A-5E 依次示出了根据本发明的用于制造悬臂式柔性换能器的工艺的一个实施例的步骤。图中示出的换能器实例是悬臂式换能器，现在将参考图 5A-5E 解释用于制造悬臂式换能器的示例性工艺。

如图 5A 所示，柔性换能器的制造工艺起始于在柔性衬底 100 上涂敷下保护层 110。采用柔性材料作为柔性衬底 100 的材料。这种柔性材料可以包括例如聚酰亚胺的高分子(聚合物)材料或金属薄膜。高分子材料作为优选材料用于例如扩音器(microphone)的电子系统中。通过 PECVD 或溅射涂敷氮化硅或氧化硅来形成下保护层 110。优选地，下保护层 110 具有小于大约 10μm 的厚度。通过采用 PECVD 或溅射工艺，可以在大约 400℃或更低的

低温工艺下进行此工艺。下保护层 110 用作保护衬底 100 并使随后沉积的层易于粘接。

如图 5B 所示，在其上涂敷有下保护层 110 的柔性衬底 100 上沉积牺牲层 210，牺牲层 210 形成用来具有预定长度的凸起部分的薄膜层。通过涂敷 5 厚度小于大约 $10\mu\text{m}$ 的聚酰亚胺并然后根据薄膜层所需的结构对聚酰亚胺进行图形化从而形成牺牲层 210。然后在图形化的牺牲层 210 上沉积薄膜层 220。在低温工艺中通过 PECVD 涂敷氮化硅来形成薄膜层 220。优选地，薄膜层 220 具有小于大约 $5\mu\text{m}$ 的厚度。随后，在薄膜层 220 上沉积下电极 230。通过沉积金属例如铝或导电聚合物、然后通过湿法刻蚀或干法刻蚀对 10 沉积的层进行图形化来形成下电极 230。然后，在下电极 230 和薄膜层 220 上涂敷有源层 240。通过旋涂或蒸发涂敷压电聚合物，例如 PVDF、PVDF-TrFE、TrFE、聚脲、聚酰亚胺、尼龙等，来形成有源层 240。优选地，有源层 240 具有大约 $1\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ 之间的厚度和大约 $50\mu\text{m} \sim 1000\mu\text{m}$ 之间的长度。优选地，有源层 240 具有大约 $1\text{Hz} \sim 100\text{kHz}$ 之间的谐振频率。

15 如图 5C 所示，随后在压电聚合物有源层 240 上沉积上电极 250。通过沉积金属例如铝或导电聚合物并然后通过湿法刻蚀或干法刻蚀对沉积的层进行图形化来形成上电极层 250。优选地，下电极层 230 和上电极层 250 都具有大约 $0.01\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ 之间的厚度。此时，同样通过湿法刻蚀或干法刻蚀对压电聚合物层进行图形化以形成有源层 240。

20 随后，如图 5D 所示，通过 PECVD 沉积大约 $1\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ 之间厚度的氮化硅或氧化硅来形成上保护层 260 以便覆盖上和下电极层 230 和 250 以及有源层 240，使得在通过刻蚀去除牺牲层 210 期间保护压电聚合物有源层 240。在形成上保护层 260 之后，形成分别电连接到上电极层 250 和下电极层 230 的连接焊盘 271、272。通过在上保护层 260 的分别连接到上和下电极层 250 和 230 的部分处进行图形化、并通过在其上涂敷金属例如铝或导电聚合物、然后图形化来形成连接焊盘 271 和 272。

最后，如图 5E 所示，通过干法刻蚀去除牺牲层 210，完成柔性悬臂式 MEMS 换能器的形成。

30 图 6A-6J 示出了根据本发明的另一个实施例的用于制造悬臂式换能器的工艺步骤的剖面图。

如图 6A 所示，通过等离子体增强化学气相沉积(PECVD)或通过溅射在

柔性衬底 100 上沉积氮化硅或氧化硅来形成下保护层 110。随后，如图 6B 所示，通过沉积小于大约 $10\mu\text{m}$ 厚度的聚酰亚胺、然后图形化聚酰亚胺来形成牺牲层 210。

如图 6C 所示，在形成牺牲层 210 之后，通过 PECVD 在牺牲层 210 上 5 依次沉积薄膜层 220、下电极层 230、有源层 240 和上电极层 250。随后，如图 6D 所示，图形化上电极层 250 和有源层 240，如图 6E 所示，图形化下电极层 230。

随后，如图 6F 所示，沉积上保护层 260 以覆盖上电极层 250、下电极层 230 和有源层 240。在沉积上保护层 260 之后，如图 6G 所示，为了电连接 10 下电极层 230 并同样为了电连接上电极层 250，对上保护层 260 进行图形化。在已图形化的上保护层 260 上沉积金属层或导电层，并进行图形化以便形成与下电极层 230 连接的第一连接焊盘 272 和与上电极层 250 连接的第二连接焊盘 271。随后，如图 6I 所示，图形化薄膜层 220 以暴露牺牲层 210，并且注入刻蚀剂以便去除牺牲层 210。结果，完成柔性 MEMS 换能器。

15 如图 5A-5E 所示，对于制造柔性 MEMS 换能器的方法，可以分别沉积并图形化柔性 MEMS 换能器结构的各层，或如图 6A-6J 所示，可以首先沉积各层然后图形化各层。

根据上述制造方法，可以通过使用低温工艺例如 PECVD 在柔性衬底 100 例如聚合物上形成换能器结构 200。因此，在根据本发明的一个实施例 20 的换能器结构 200 中，通过使用 PECVD 或溅射来替代需要大约 $780^\circ\text{C} \sim 850^\circ\text{C}$ 的高温工艺的 CVD 进行薄层的沉积。这种所需温度的差异的原因与各个工艺中所采用的能量源有关。具体地，PECVD 采用等离子体作为反应所需的能量源，而传统 CVD 工艺采用热能。因此，可以降低热能，并且在 PECVD 中低温下就能够形成薄层。更具体地，在低温下就能够沉积构成换能器结构 200 的薄层，因此就允许使用柔性聚合物衬底 100。随后，根据本发明，就能够制造柔软材料的柔性扩音器。

根据本发明的一个实施例，本发明的应用还提供一种组合有柔性 MEMS 换能器的自由(freely)柔性扩音器。图 7 示出了组合有图 4 中所示的悬臂式换能器的外壳型柔性无线 MEMS 扩音器的示意图。如图 7 中所示，30 通过 PECVD 在柔性衬底上形成 MEMS 换能器结构 200 来制备使用柔性 MEMS 换能器的柔性扩音器，如上所述，在衬底 100 的一侧印制薄膜天线

300 用于与外部源通信，嵌入导线和接口电路 400 以电连接薄膜天线 300 及柔性 MEMS 换能器 200。最终的衬底 100 与电连接到柔性衬底 100 并用于将电源提供到 MEMS 换能器 200 的电池层 500 以及柔性蓝牙模块层 600 叠置在一起。优选地，电池层 500 是例如柔性聚合物太阳能电池的聚合物电池并具有纸一样薄的厚度。

因此，可以采用通过将具有换能器 200 的衬底 100 与电池层 500 和柔性蓝牙模块层 600 叠置成预定厚度而制备的柔性 MEMS 扩音器作为外壳型柔性 MEMS 扩音器。这种外壳型柔性 MEMS 扩音器在所有方向上都是自由柔性的并可以用于便携式装置中。

10 此外，因为柔性衬底 100 可以以预定角度折叠，所以根据本发明的柔性无线扩音器可以封装成三维形状。优选地，预定角度为小于大约 180° 的范围内。图 8 示出了封装的柔性无线扩音器实例的示意图。如图 8 所示，在柔性衬底 100 上形成柔性 MEMS 换能器结构 200。在柔性衬底 100 上印制天线 300，并在柔性衬底 100 中嵌入导线和接口电路 400。然后，根据扩音器封装的所需三维形状的拓展图形 (development figure) 切割柔性衬底 100，并以预定角度折叠柔性衬底 100，进而将柔性衬底 100 安装成所需的三维形状以形成三维扩音器。

20 由于其上形成柔性 MEMS 换能器的衬底 100 具有类似纸的特性，因此它可以根据所需的扩音器的三维结构被切割并折叠以便封装并安装成所需的三维封装结构。

如图 7 所示，包括叠置在衬底 100 上的电池层 500 和蓝牙模块层 600 的外壳型扩音器可以被切割并折叠在一起，进而安装成三维结构以形成三维无线 MEMS 扩音器。可选择地，如图 8 所示，将柔性电池层 500 和柔性蓝牙模块层 600 安装成三维结构。其上设置有换能器结构 200、天线 300、25 导线和接口电路 400 的衬底可以单独地根据所需的三维形状的拓展图形切割，并以预定的角度折叠，进而与柔性电池层 500 和蓝牙模块层 600 的三维结构组装起来以形成三维 MEMS 扩音器。柔性 MEMS 无线扩音器能够以预定的角度折叠，优选地在小于大约 180° 的范围内。

30 更具体地，由于使用了柔性聚合物衬底，因此根据本发明实施例的扩音器结构是柔性的并可折叠的。因此，通过切割并折叠叠置有其它元件的衬底就能够将扩音器封装为所需的三维结构并将它组装成三维扩音器。

如上所述，根据本发明，由于通过低温工艺制备换能器结构，因此可以采用柔性聚合物衬底。因此，通过简单的低温工艺和低成本就能够制造具有集成度、移动性、柔软性、柔性、可折叠性和便携性方面的优良特性的柔性扩音器系统。而且，由于它的柔性和可折叠性，可以按照附着到身体(body)所需的厚度和三维修音器来封装外壳型扩音器。因此，可以自由地设计各种封装结构的形状。此外，由此获得的扩音器易于携带并可以根据需要自由地改变它的形状。

此外，由于根据本发明实施例的柔性扩音器可以以适于应用的各种形状来随意地制备，所以它可以被用作外壳型扩音器，还可以被应用于可以按所需的形状和用于制造这种柔性 MEMS 换能器的方法来封装的柔性 MEMS 换能器。

在此已经公开了本发明的优选实施例，虽然使用了具体的术语，它们被使用并将仅用于一般性和描述性的解释而非限制的目的。因此，本领域普通技术人员应当理解，在不脱离本发明所附权利要求书提出的精神和范围之内可以进行各种形式上和细节上的改变。

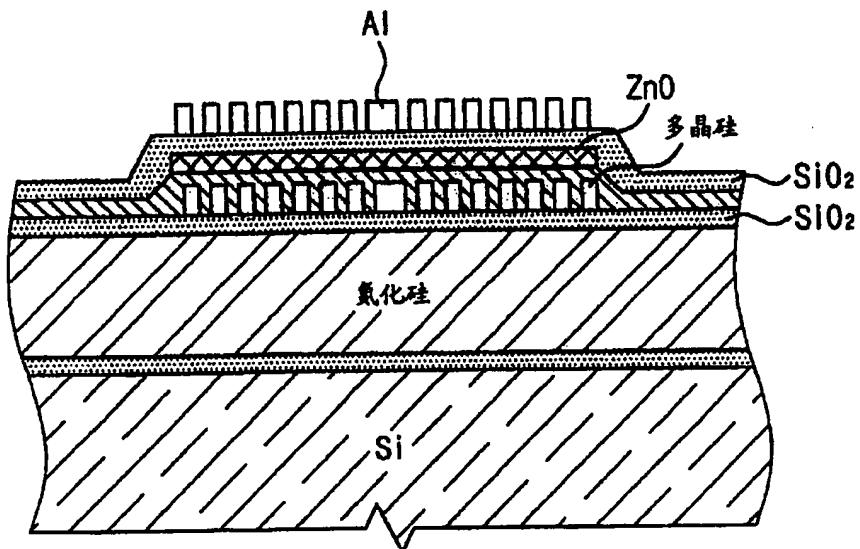


图 1

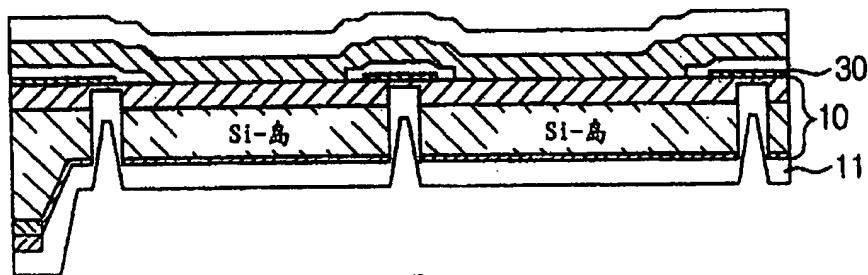


图 2

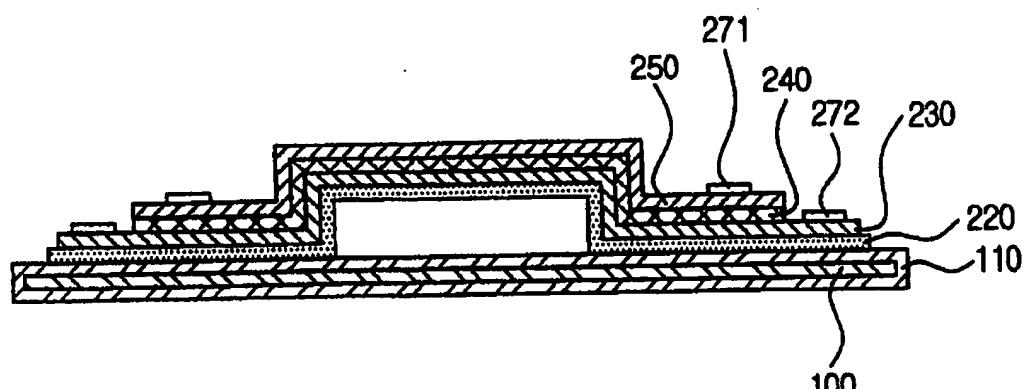


图 3

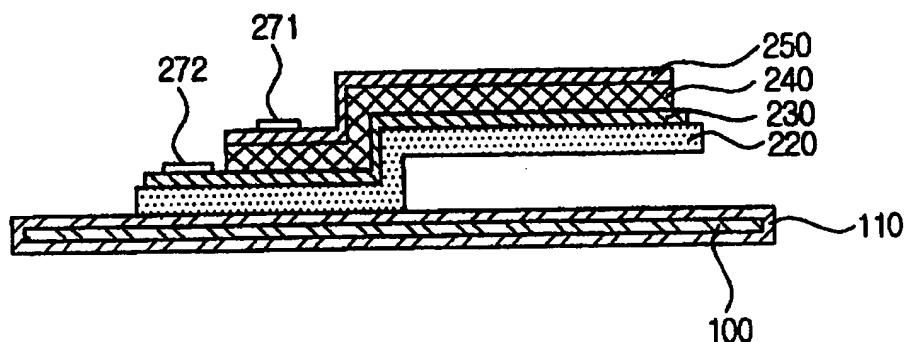


图 4



图 5A

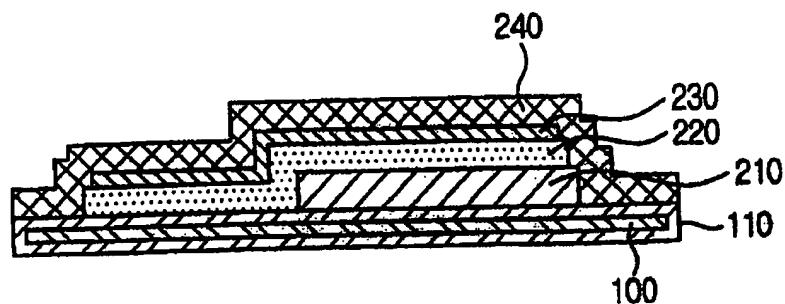


图 5B

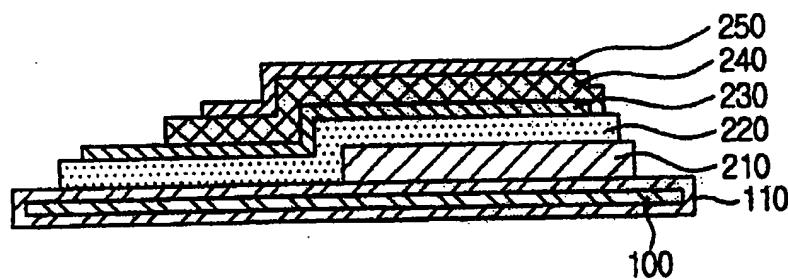


图 5C

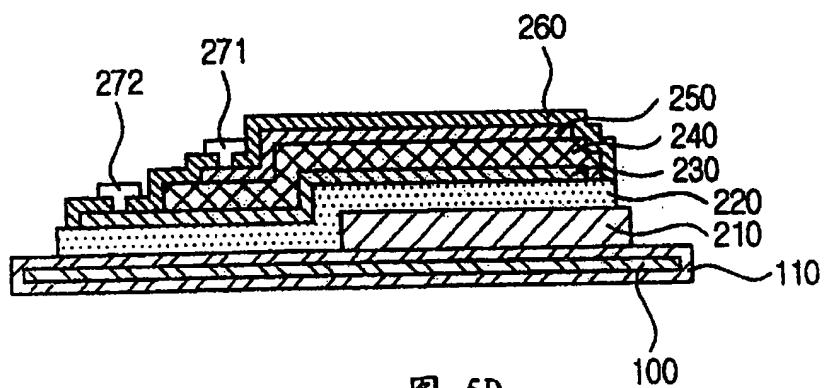


图 5D

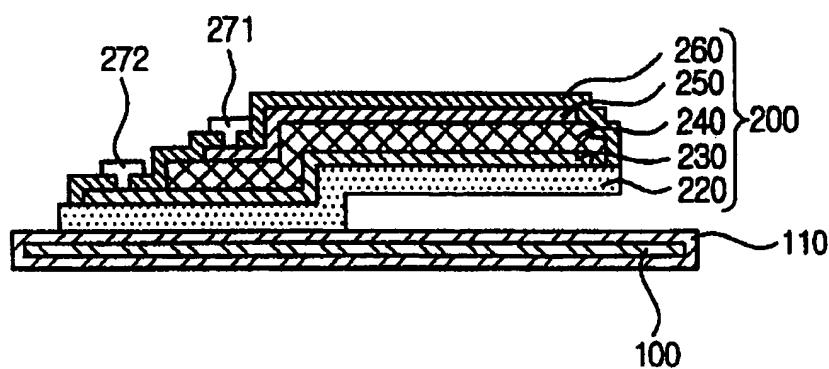


图 5E

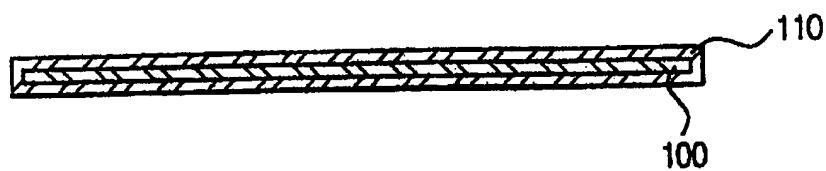


图 6A

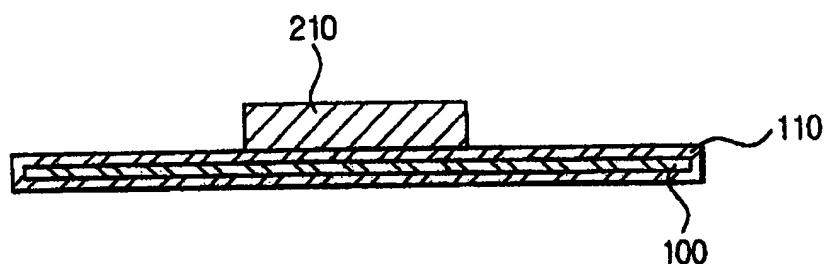


图 6B

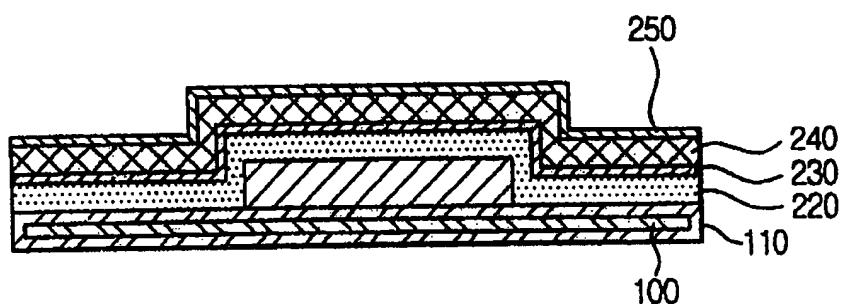


图 6C

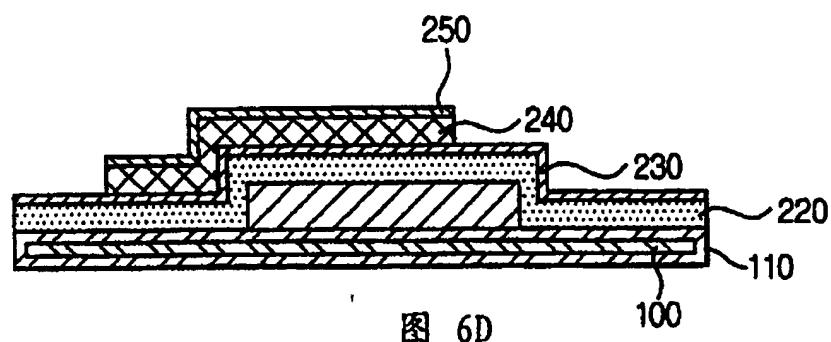


图 6D

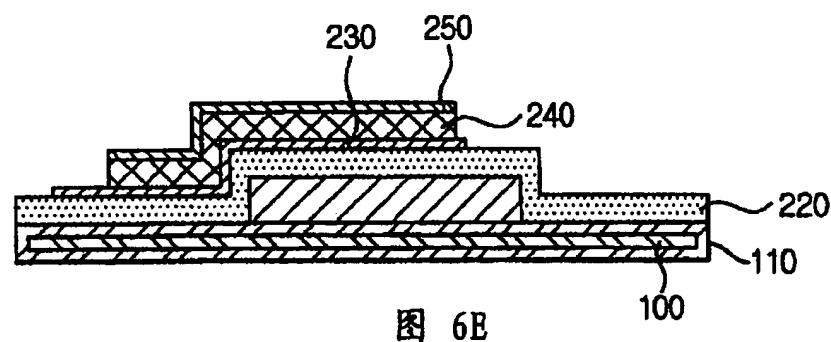


图 6E

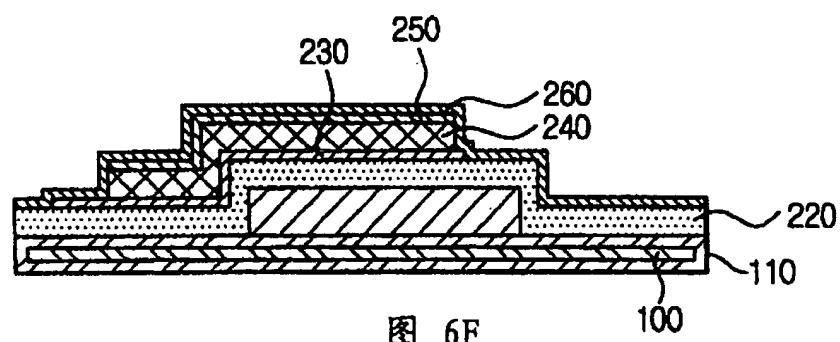


图 6F

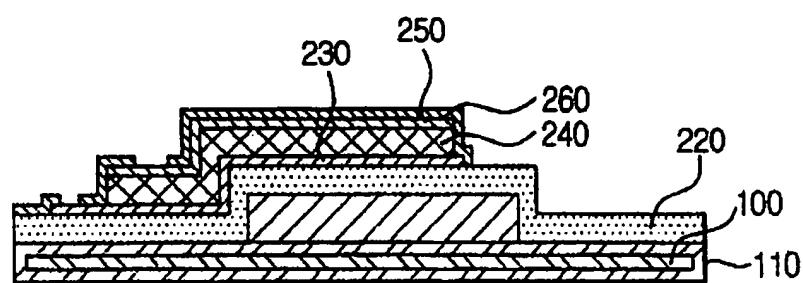


图 6G

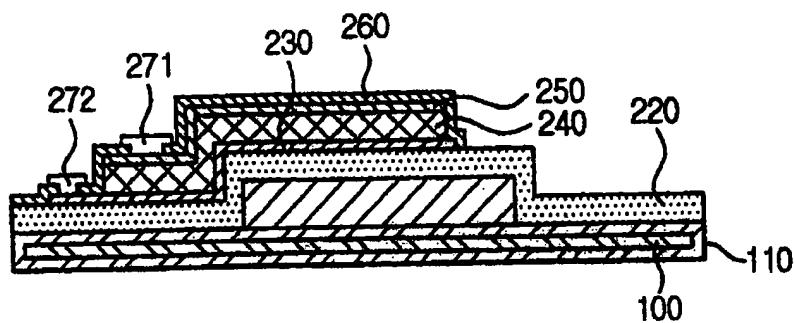


图 6H

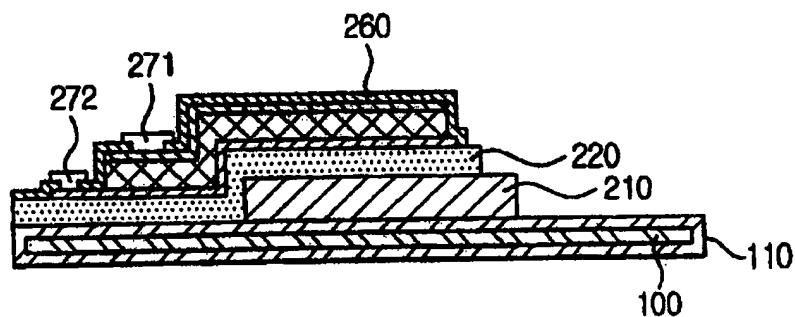


图 6I

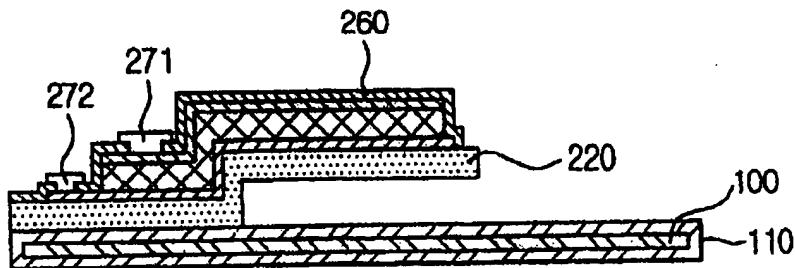


图 6J

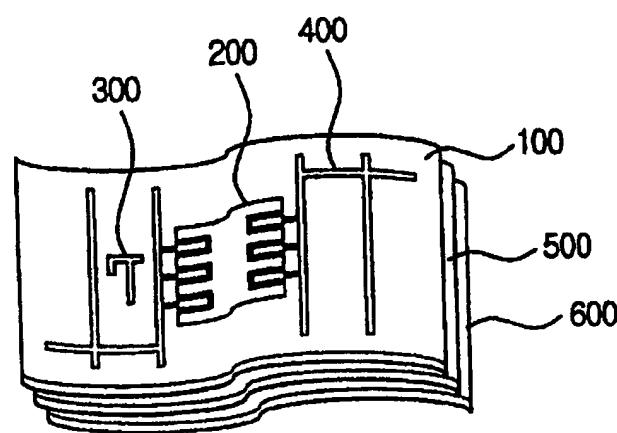


图 7

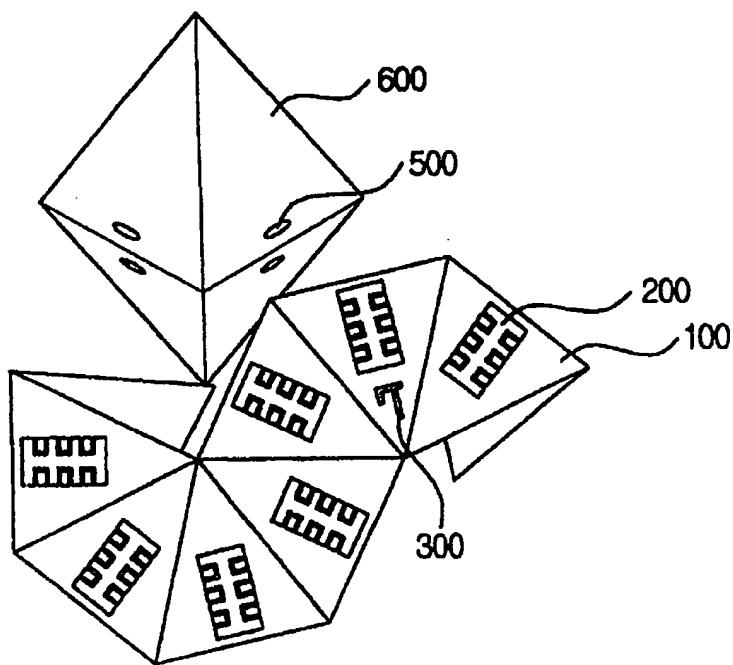


图 8

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.